

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 20.12.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 21.06.24 Bulletin 24/25.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public à caractère industriel et commercial —
FR.

72 Inventeur(s) : NANTERMOZ Coline, GEFFARD
Franck, MAGNY Gabriel et GAGEY Ferreol.

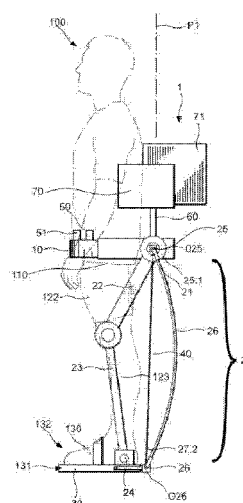
73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public à caractère industriel et commercial.

74 Mandataire(s) : BREVALEX.

54 Membre inférieur d'exosquelette.

57 Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur com-
prenant au moins un segment de bassin (10) et un segment
de pied (30) relié par un segment de jambe (20) articulé en
sa première extrémité (21) par une première articulation
(25) sur le segment de bassin (10) et en sa deuxième extré-
mité (24) par une deuxième articulation (26) sur le segment
de pied (30), dans lequel le membre inférieur (1) comprend
un dispositif de débrayage (80) pour sélectivement autoriser
un premier mouvement de la première articulation (25) rela-
tivement au segment de bassin (10).

Figure pour l'abrégé : Figure 1



Description

Titre de l'invention : Membre inférieur d'exosquelette

Domaine technique

[0001] L'invention concerne le domaine des exosquelettes et plus particulièrement les membres inférieurs d'exosquelette ambulateur.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0002] Classiquement, un membre inférieur d'exosquelette ambulateur comprend un segment de bassin sur lequel est articulée, autour d'une hanche, une première extrémité d'un segment de jambe et un segment de pied articulé au moyen d'une cheville à une deuxième extrémité du segment de jambe. Le contrôle du membre inférieur nécessite au moins un actionneur pour commander la flexion du segment de jambe lors de la marche et reprendre les efforts appliqués à l'exosquelette. Les efforts appliqués à l'exosquelette peuvent avoir plusieurs origines : une charge appliquée à l'exosquelette (exosquelette de port de charge), une suppléance partielle des mouvements de l'utilisateur (exosquelette de rééducation) ainsi que, généralement, l'essentiel du poids propre de l'exosquelette.

[0003] L'actionneur de jambe reprenant à lui seul l'ensemble de la charge, il consomme beaucoup d'énergie, y compris dans des phases statiques. L'exosquelette doit donc comprendre des moyens de stockage d'énergie (hydraulique, thermique ou électrique) dimensionnés en conséquence et qui impactent le poids de l'exosquelette ainsi que son autonomie et son inertie. Enfin, en cas de défaut dans l'alimentation en énergie, l'ensemble de la masse de l'exosquelette ainsi que sa charge éventuelle vient reposer sur l'utilisateur, ce qui peut être dangereux pour celui-ci.

[0004] Il est également connu des membres inférieurs passifs d'exosquelette dans lequel la reprise des efforts appliqués sur le membre inférieur est réalisée par des éléments élastiques de type ressort ou vérin à gaz. Un tel exosquelette est généralement inadapté pour le port de charge supplémentaire à la masse de l'utilisateur et contraint l'utilisateur, lors des phases de marche, à exercer des efforts allant à l'encontre des éléments élastiques. De tels membres inférieurs sont très adaptés à des phases statiques mais s'avèrent très fatigants pour l'utilisateur lors des phases de marche. Enfin, le passage à une position accroupie est quasiment impossible avec de tels exosquelettes, ce qui les rend inadaptés à leur utilisation pour des tâches comme le rangement ou la récolte maraîchère ou vinicole.

OBJET DE L'INVENTION

[0005] Un objet de l'invention est de réduire la consommation énergétique d'un exosquelette ambulateur, et d'accroître la sécurité en cas de coupure d'alimentation ou autre

problème logiciel ou matériel. Enfin, un objet de l'invention est de proposer un membre inférieur d'exosquelette ambulateur permettant d'améliorer le confort du passage en position accroupie.

Exposé de l'invention

- [0006] A cet effet, on prévoit un membre inférieur d'exosquelette ambulateur comprenant au moins un segment de bassin et un segment de pied relié par un segment de jambe articulé en sa première extrémité par une première articulation sur le segment de bassin et en sa deuxième extrémité par une deuxième articulation sur le segment de pied. Selon l'invention, le membre inférieur comprend un dispositif de débrayage pour sélectivement autoriser un premier mouvement de la première articulation relativement au segment de bassin.
- [0007] Ainsi, lors des phases de marche, il n'est pas nécessaire de prévoir un actionneur de pliage ou de rétraction du segment de jambe et qui devrait alors être dimensionné pour supporter la charge appliquée au segment de bassin. On améliore ainsi grandement l'autonomie du membre inférieur en en réduisant la consommation énergétique et le poids ce qui joue également sur le confort d'utilisation de l'exosquelette. Le déplacement sélectif de l'articulation permet également un passage aisé de la station debout à la station accroupie.
- [0008] Selon d'autres modes de réalisation particuliers, non exclusifs et optionnels de l'invention :
- le segment de jambe comprend un élément ressort s'étendant entre le segment de bassin et le segment de pied pour exercer un effort qui s'oppose à un rapprochement des extrémités du segment de jambe.
 - le premier mouvement est un mouvement de translation selon une première direction, préférentiellement sensiblement verticale lorsque le segment de pied repose sur une surface sensiblement horizontale) ;
 - la première articulation est solidaire d'un premier coulisseau de guidage monté à coulissement sur un rail solidaire du segment de bassin et qui s'étend sensiblement parallèlement à la première direction ;
 - le dispositif de débrayage comprend un deuxième coulisseau de blocage qui coopère avec le rail relié au premier coulisseau de guidage et un premier actionneur pour sélectivement faire passer le deuxième coulisseau entre un état de blocage dans lequel le deuxième coulisseau vient en arc-boutement sur le rail et un état de libération dans lequel le deuxième coulisseau autorise le coulissement du premier coulisseau sur le rail de guidage ;
 - le dispositif de débrayage comprend un levier et un deuxième actionneur pour sélectivement faire passer le levier entre un état de blocage dans lequel le

- levier vient en arc-boutement sur un élément solidaire du segment de bassin, préférentiellement le rail de guidage, et un état de libération dans lequel le levier autorise le coulisement du premier coulisseau sur le rail de guidage ;
- le dispositif de débrayage comprend une came excentrique et un troisième actionneur pour sélectivement faire passer la came entre un état de blocage dans lequel la came vient en arc-boutement sur un élément solidaire du segment de bassin, préférentiellement le rail de guidage, et un état de libération dans lequel la came autorise le coulisement du premier coulisseau sur le rail de guidage ;
 - le membre inférieur comprend un rail de guidage supplémentaire s'étendant sensiblement parallèlement à la première direction et un coulisseau de guidage supplémentaire de la première articulation, et dans lequel le dispositif de débrayage comprend une deuxième came excentrique montée à rotation relativement à la première came et le troisième actionneur est également relié à la deuxième came pour sélectivement faire passer la deuxième came entre un état de blocage dans lequel la deuxième came vient en arc-boutement sur le rail de guidage supplémentaire et un état de libération dans lequel la deuxième came autorise le coulisement de la première articulation sur le rail de guidage ;
 - le dispositif de débrayage comprend une vis s'étendant sensiblement parallèlement à la première direction et un écrou coopérant avec la vis, la première articulation étant reliée à l'écrou ;
 - la vis et l'écrou étant agencés pour être former un système réversible, le dispositif de débrayage comprend un dispositif de freinage sélectif de la vis ;
 - le dispositif de freinage est un dispositif de freinage à manque de courant ; le membre inférieur comprend un dispositif motorisé pour ajuster une position de la première articulation relativement au segment de bassin.

[0009] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation particulier non limitatif de l'invention.

Brève description des dessins

[0010] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue schématique de profil d'un utilisateur portant un premier mode de réalisation du membre inférieur d'exosquelette selon l'invention ;

[Fig.2] la [Fig.2] est une vue schématique partielle de détail en perspective du membre inférieur de la [Fig.1] ;

[Fig.3] la [Fig.3] est une représentation schématique partielle en perspective du membre inférieur de la [Fig.1] ;

[Fig.4] la [Fig.4] est une représentation schématique en perspective de détail du

membre inférieur de la [Fig.1] dans un état de libération ;

[Fig.5] la [Fig.5] est une représentation schématique en perspective du membre inférieur de la [Fig.1] dans un état de blocage ;

[Fig.6] la [Fig.6] est une représentation schématique en perspective partielle d'un deuxième mode de réalisation du membre inférieur de l'invention ;

[Fig.7] la [Fig.7] est une représentation schématique en perspective partielle d'un troisième mode de réalisation du membre inférieur de l'invention ;

[Fig.8] la [Fig.8] est une représentation schématique en perspective partielle d'un quatrième mode de réalisation du membre inférieur de l'invention ;

[Fig.9] la [Fig.9] est une représentation schématique en coupe du membre inférieur de la [Fig.8] ;

[Fig.10] la [Fig.10] est une représentation schématique en perspective partielle d'un cinquième mode de réalisation du membre inférieur de l'invention ;

[Fig.11] la [Fig.11] est une représentation schématique en perspective partielle d'un sixième mode de réalisation du membre inférieur de l'invention ;

[Fig.12] la [Fig.12] est une représentation schématique en perspective partielle d'un septième mode de réalisation du membre inférieur de l'invention ;

[Fig.13] la [Fig.13] est une représentation schématique en vue de face d'un huitième mode de réalisation du membre inférieur de l'invention ;

[Fig.14] la [Fig.14] est une représentation schématique en vue de côté du mode de réalisation de la [Fig.13].

[0011] **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

[0012] En référence aux figures 1 et 2, le membre inférieur d'exosquelette ambulateur, généralement désigné 1, est porté par un utilisateur 100. Le membre inférieur 1 comprend un segment de bassin 10 sur lequel est articulé, autour d'un premier axe O25 et à l'aide d'une première articulation 25, la première extrémité 21 d'un segment de jambe 20 comprenant un segment de cuisse 22 articulé sur un segment de tibia 23 et un segment de pied 30. Le segment de pied 30 est articulé sur le segment de tibia 23 en une deuxième extrémité 24 du segment de jambe 20 autour d'un deuxième axe O26 à l'aide d'une deuxième articulation 26. Le segment de bassin 10 et le segment de pied 30 sont respectivement reliés au bassin 110 et au pied 130 de l'utilisateur 100 par des sangles. Optionnellement, les segments de cuisse 22 et de tibia 23 peuvent être respectivement reliés à la cuisse 122 et au tibia 123 de la jambe 120 de l'utilisateur 100 par des sangles.

[0013] Le segment de jambe 20 comprend une lame ressort 27 qui s'étend en arrière du segment de jambe 20 et dont une première extrémité 27.1 est articulée autour de l'axe O25 sur le segment de bassin 10 à l'aide de la première articulation 25 et une deuxième extrémité 27.2 est articulée autour de l'axe O26 sur le segment de pied 30 à l'aide de la

première articulation 25. Un premier câble 40 s'étend entre le segment de pied 30 et le segment de bassin 10. Plus précisément, une première extrémité 41 du câble 40 est reliée à la deuxième extrémité 27.2 de la lame ressort 27.

[0014] Comme visible en [Fig.2], le segment de pied 30 est confondu ici avec la semelle 131 de la chaussure 132 de l'utilisateur 100 et comprend un premier élément 31 de segment de pied 30 solidaire du pied 130 de l'utilisateur et qui est articulé par une articulation 32 sur un deuxième élément 33 de segment de pied 30. Le deuxième élément 33 est sensiblement en forme de fer à cheval et s'étend autour du talon de l'utilisateur. Le deuxième élément 33 est lui-même articulé sur l'extrémité 27.2 de la lame ressort 27. Un codeur 34 rotatif -ici un potentiomètre rotatif- mesure la position angulaire relative du deuxième élément 33 de segment de pied 30 et de la lame ressort 27. De cette position angulaire peut être déduite une intention de la part de l'utilisateur 100 de lever le pied 130. Le codeur 34 est relié à une unité 50 de contrôle et de commande portée par le segment de bassin 10 et alimentée par une batterie 51 également portée par le segment de bassin 10.

[0015] Comme visible en [Fig.3], le câble 40 est compris dans un plan P1 comprenant l'axe O25 de l'articulation 25 afin de ne pas créer de couple parasite sur le segment de bassin 10. Néanmoins, il peut être intéressant de faire passer le câble 40 à l'arrière du point de rotation de la hanche de l'utilisateur 100 si l'on veut créer un couple de rappel du dos (notamment pour assister la flexion du dos de l'utilisateur 100 et donc protéger ses lombaires). Il est possible d'éliminer totalement les couples parasites en abduction en faisant passer le câble 40 par le centre de rotation de l'articulation 25. Une telle réalisation est représentée sur la [Fig.3]. La première extrémité 27.1 de la lame ressort 27 comprend une première chape 28 comportant deux premières oreilles 28.1 et 28.2 qui coopèrent à rotation respectivement avec deux deuxièmes oreilles 11.1 et 11.2 d'une deuxième chape 11. La chape 11 comprend une âme 11.3 qui s'étend entre les oreilles 11.1 et 11.2 et qui est reliée à un premier coulisseau 15 de guidage monté à coulissement selon une première direction D1 sur un rail 60 solidaire du segment de bassin 10. La première direction D1 est, ici, sensiblement verticale lorsque le segment de pied 30 repose sur une surface horizontale et que l'utilisateur 100 est en station debout ([Fig.1]). Les premières oreilles 28.1 et 28.2 viennent en appui contre des faces intérieures des deuxièmes oreilles 11.1 et 11.2 et sont articulées l'une par rapport à l'autre par un arbre 12 qui traverse les oreilles 28.1, 28.2, 11.1 et 11.2 des chapes 28 et 11. Le câble 40 s'étend entre les deux premières oreilles 28.1 et 28.2 dans un alésage transversal 13 de l'arbre 12. La deuxième extrémité 44 du câble 40 comprend un serre-câble 45 qui vient en butée sur l'arbre 12.

[0016] Le segment de bassin 10 comprend une interface 70 pour le port d'une charge 71 utile.

- [0017] En référence à la [Fig.3], le membre inférieur 1 comprend un dispositif 80 de débrayage pour sélectivement autoriser un mouvement de translation de la première articulation 25 relativement au segment de bassin 10. Le dispositif 80 comprend un deuxième coulisseau 81 de blocage qui coopère avec le rail 60. Le coulisseau 81 est, ici, relié au coulisseau 15 par une première extrémité 82.1 d'un premier bras 82 coudé monté à rotation sur le coulisseau 15 autour d'un axe O82 sensiblement orthogonal à la direction D1. La deuxième extrémité 82.2 du bras 82 est articulée sur une tige de sortie 83.1 d'un actionneur piézoélectrique linéaire 83 relié à l'unité 50. L'actionneur 83 est agencé pour que la tige 83.1 soit rétractée ([Fig.3]) en l'absence d'alimentation électrique de l'actionneur 83, et que la tige 83.1 soit sortie ([Fig.5]) lorsque l'unité 50 commande l'alimentation électrique de l'actionneur 83.
- [0018] L'unité de commande 50 peut ainsi sélectivement faire passer le coulisseau 81 dans un état de blocage (représenté en [Fig.5]) dans lequel le coulisseau 81 vient en arc-boutement sur le rail 60 et un état de libération ([Fig.3]) dans lequel le coulisseau 81 autorise le coulissement du coulisseau 15 sur le rail 60.
- [0019] En fonctionnement et préalablement à l'installation de l'exosquelette 1 sur l'utilisateur 100, on règle une longueur du câble 40 de manière à ce que la distance d séparant le segment de bassin 10 du segment de pied 30 soit sensiblement égale à la distance séparant le bassin 110 du pied 130 de l'utilisateur 100. Le serre-câble 45 est ensuite serré pour bloquer la position de l'extrémité 44 du câble 40 relativement à l'articulation 25. La lame 27 est alors précontrainte. Une fois l'exosquelette 1 lié à l'utilisateur 100, on fixe une charge 71 sur l'interface 70. La lame 27 est dimensionnée de manière à ne pas fléchir sous le poids de l'exosquelette 1 additionné du poids de la charge 71 après qu'elle ait été précontrainte. Selon les caractéristiques de la lame 27 (matériau, section), la charge supportée par l'utilisateur 100- et reprise ici par sa jambe 120- peut varier de 0 % (assistance totale) à 100 % (pas d'assistance) de la charge totale qui comprend le poids propre PE de l'exosquelette 1 et le poids de la charge 71.
- [0020] En station debout, la lame 27 reprend des efforts verticaux auxquels est soumis l'exosquelette 1. Ces efforts sont transmis du coulisseau 15 au rail 60 par l'intermédiaire du dispositif de débrayage 80 qui est dans son état de blocage représenté en [Fig.5]. Une quantité minimale d'énergie est consommée par l'exosquelette 1 dans cette configuration car l'actionneur 83 n'est pas alimenté et ne consomme pas d'énergie. Lorsque l'utilisateur 100 souhaite marcher, il transfère une partie de la charge exercée sur son pied 130 vers son autre pied et commence à lever son talon. Le codeur 34 mesure un changement dans la position angulaire du pied de l'exosquelette relativement à la lame 27 et transmet cette information à l'unité 50. L'unité 50 analyse cette mesure et commande alors le passage du dispositif de débrayage 80 depuis son état de blocage (représenté en [Fig.5]) à son état de libération (représenté en [Fig.3]).

Pour ce faire, l'unité 50 alimente l'actionneur 83 qui provoque la rotation du coulisseau 81 dans sa position de libération. Lors de la levée de la jambe 120 par l'utilisateur 100, le coulisseau 15 coulisse librement le long du rail 60 et autorise la translation de l'articulation 25 pour accompagner la levée de la jambe 120 et son pliage. Lorsque l'utilisateur 100 repose son pied au sol, le codeur 34 détecte cette phase de repose du pied au sol et transmet cette information à l'unité de commande 50. L'unité 50 analyse cette mesure et commande alors le passage du dispositif de débrayage 80 depuis son état de libération à son état de blocage (représenté en [Fig.5]). Pour ce faire, l'unité 50 coupe l'alimentation de l'actionneur 83, ce qui provoque la rotation du coulisseau 81 vers sa position de blocage.

- [0021] On obtient ainsi un membre inférieur 1 d'exosquelette qui consomme une quantité infime voire nulle d'énergie en station debout et dont la consommation énergétique en situation de marche est réduite car le dispositif de débrayage 80 consomme peu d'énergie pour demeurer dans son état de libération et cet état est ponctuel (c'est-à-dire sur seulement une partie de la phase de la marche au cours de laquelle la jambe 120 est en l'air).
- [0022] Les éléments identiques ou analogues à ceux précédemment décrits porteront une référence numérique identique dans la description qui suit des deuxième, troisième, quatrième et cinquième modes de réalisation de l'invention.
- [0023] Selon un deuxième mode de réalisation représenté en [Fig.6], le dispositif de débrayage 80 comprend un levier 85 et un deuxième actionneur 86 -identique à l'actionneur 83- dont l'arbre de sortie 86.1 agit sur une extrémité 85.2 du levier 85 pour sélectivement faire passer le levier 85 entre un état de blocage dans lequel le levier 85 vient en arc-boutement sur une piste dentée 62 rapportée sur le rail 60, et un état de libération dans lequel le levier 85 se désengage de la piste 62 autorise le coulisement du coulisseau 15 sur le rail 60.
- [0024] Selon un troisième mode de réalisation représenté en [Fig.7], le dispositif de débrayage 80 comprend une came excentrique 90 montée à rotation sur le coulisseau 15 autour d'un axe excentrique O90. Un troisième actionneur 91-identique à l'actionneur 83- est relié à la came 90 pour sélectivement faire passer la came 90 entre un état de blocage dans lequel la came vient en arc-boutement le rail 60 ([Fig.7]), et un état de libération dans lequel la came 90 est dégagée du rail 60 et autorise le coulisement du coulisseau 15 sur le rail 60.
- [0025] Selon un quatrième mode de réalisation représenté en figures 8 et 9, le membre inférieur 1 comprend un rail de guidage 65 supplémentaire qui s'étend sensiblement parallèlement à la première direction D1 et un coulisseau supplémentaire 16 de guidage de l'articulation 25 sur le rail 65. Les coulisseaux 15 et 16 guident alors une translation de l'articulation 25 relativement au segment de bassin 10 selon une

direction sensiblement parallèle à la direction D1. Le dispositif de débrayage 80 comprend une deuxième came excentrique 92 montée à rotation relativement à la première came 90. L'actionneur 91 est, ici, également relié à la came 92 à l'aide d'un câble 93 en Y. L'ensemble de cames 95 -qui comprend les cames 90 et 92- s'étend entre les deux rails 60 et 65. Lorsqu'il est alimenté par l'unité 50, l'actionneur 91 exerce une traction sur le câble 93 et fait passer l'ensemble de cames 95 depuis un état de blocage (représenté en [Fig.8]) dans lequel les cames 90 et 92 viennent respectivement en arc-boutement sur les rails 60 et 65 vers un état de libération dans lequel les cames 90 et 92 sont dégagées respectivement des rails 60 et 65 et autorisent le coulisement des coulisseaux 15 et 16 sur les rails 60 et 65, permettant la translation de l'articulation 25.

[0026] Selon un cinquième mode de réalisation représenté en [Fig.10], le dispositif de débrayage 80 comprend une vis 55 montée à rotation relativement au segment de bassin 10 autour d'un axe Ox sensiblement parallèle à la direction D1. Le coulisseau 15 est solidaire d'un écrou 56 coopérant avec la vis 55. Selon ce cinquième mode de réalisation, la vis 55 et l'écrou 56 sont à filet trapézoïdal à pas de vis faible (par exemple présentant un angle d'hélice inférieur à 2.5 degrés) et forment ainsi un système irréversible. Un premier motoréducteur 57 relié à l'unité 50 actionne la vis 55. Lors des phases de levée de jambe 120 de l'utilisateur 100, l'unité 50 analyse les informations du codeur 34 pour en déduire une position de la jambe 120 et commander le motoréducteur 57 afin de piloter une translation du coulisseau 15 sur le rail 60 permettant le déplacement de l'articulation 25 relativement au segment de bassin 10. Lorsque le pied 130 repose sur le sol, l'unité 50 n'alimente pas le motoréducteur 57 et le dispositif de débrayage 80 est dans son état de blocage.

[0027] Selon un sixième mode de réalisation représenté en [Fig.11], la vis 55 est une vis à bille et l'écrou 56 est un écrou à recirculation de billes pour former un système réversible. Un frein 58 à manque de courant relié à l'unité 50 est placée sur une extrémité de la vis 55. Lors des phases de levée de jambe 120 de l'utilisateur 100, l'unité 50 analyse les informations du codeur 34 pour en déduire une position de la jambe 120 et alimente le frein 58, ce qui libère la rotation de la vis 55. L'écrou 56 peut ainsi librement coulisser relativement au segment de bassin 10 ce qui permet le déplacement de l'articulation 25 relativement au segment de bassin 10.

[0028] Selon un septième mode de réalisation représenté en [Fig.12], le membre inférieur 1 comprend un deuxième motoréducteur 87 dont l'arbre de sortie entraîne en rotation un galet 88 qui vient en appui sur le rail 60. Le motoréducteur 87 et le galet 88 forment un dispositif motorisé 89. Sur la base des informations du codeur 34 et/ou d'autres capteurs additionnels, l'unité 50 peut détecter un glissement du coulisseau 15 sur le rail 60 et commander le motoréducteur 87 pour ajuster la position de l'écrou 56 rela-

tivement au segment de bassin 10.

[0029] Selon un huitième mode de réalisation représenté en figures 13 et 14, le segment de jambe 20 comprend un élément d'appui- ici une poutre 29 de section carrée- dont les extrémités 29.1 et 29.2 sont respectivement reliées aux articulations 25 et 26.

L'extrémité 29.2 comprend un tampon 29.3 d'appui sur le sol. Le coulisseau 15 comprend, ici, un deuxième bras 17 dont l'extrémité distale 17.1 est sertie sur un deuxième câble 96. Le câble 96 réalise une boucle fermée entre une première poulie 97.1 sur laquelle le câble 96 réalise plusieurs spires et une deuxième poulie 97.2 folle. Les poulies 97.1 et 97.2 sont montées à rotation sur le segment de bassin 10 et la poulie 97.1 est solidaire en rotation d'un disque 98 de friction sur lequel agit un étrier 99-ici un étrier électrique- relié à l'unité 50. Ainsi, une fermeture de l'étrier 99 provoque une immobilisation en rotation du disque 98 et incidemment le blocage en rotation de la poulie 97.1. Le blocage de la poulie 97.1 est transmis au câble 96 par effet cabestan (friction des spires du câble 96 sur la poulie 97.1) ce qui bloque la translation du coulisseau 15.

[0030] Lors des phases de levée de jambe 120 de l'utilisateur 100, l'unité 50 analyse les informations du codeur 34 pour en déduire une position de la jambe 120 et commande l'ouverture de l'étrier 99, ce qui libère la rotation du disque 98 et de la poulie 97.1. Le coulisseau 15 peut coulisser librement relativement au segment de bassin 10 ce qui permet le déplacement de l'articulation 25 relativement au segment de bassin 10.

[0031] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits mais englobe toute variante entrant dans le champ de l'invention telle que définie par les revendications.

[0032] En particulier,

[0033] - bien qu'ici l'exosquelette ne comporte qu'un seul membre inférieur, l'invention s'applique également à un exosquelette pourvu de deux membres inférieurs ;

[0034] - bien qu'ici le segment de bassin, de cuisse, de tibia et de pied soient reliés à l'utilisateur par des sangles, l'invention s'applique également à d'autres moyens de solidariser les segments de l'exosquelette à l'utilisateur, comme par exemple des éléments cylindriques rigides ou des vêtements spécifiques solidaires des segments de l'exosquelette ;

[0035] - bien qu'ici le segment de cuisse et de tibia soient liés à l'utilisateur, l'invention s'applique également à des segments de cuisse ou de tibia indépendants de l'utilisateur ;

[0036] - bien qu'ici le segment de jambe comprenne un segment de cuisse articulé sur un segment de tibia, l'invention s'applique également à un segment de jambe dépourvu de segment de cuisse et de tibia et qui comprendrait seulement la lame ressort et le câble (la lame servant alors de pièce structurelle) ou encore une pièce d'appui non pré-contrainte- et dépourvue d'articulation interne- dont la longueur serait sensiblement

égale à celle de la jambe de l'utilisateur au repos (c'est-à-dire en position debout statique) ;

- [0037] - bien qu'ici le segment de jambe comprenne une lame ressort, l'invention s'applique également à d'autres types d'éléments ressorts comme par exemple un empilement de rondelles Belleville, un élément en élastomère, un ressort à gaz, un ressort à spires (par exemple sur le genou), un ressort en volutes, une structure à parallélogramme déformable ou encore un mouflage de câbles élastiques ;
- [0038] - bien qu'ici le câble soit relié au segment de pied, l'invention s'applique également à d'autres points de liaison du câble à l'exosquelette qui sont à même de provoquer une variation de la distance séparant les extrémités du segment de jambe comme par exemple une liaison sur la cheville, le segment de tibia ou le segment de cuisse ;
- [0039] - bien qu'ici le système d'actionnement soit fixé au segment de bassin, l'invention s'applique également à d'autres points de fixation du système d'actionnement qui sont à même de provoquer une variation de la distance séparant les extrémités du segment de jambe comme par exemple une fixation sur la hanche, le haut de la jambe, le segment de tibia ou le segment de cuisse ;
- [0040] - bien qu'ici le membre inférieur comprenne un serre-câble en butée contre un axe, l'invention s'applique également à d'autres dispositifs de précontrainte de l'élément ressort ;
- [0041] - bien qu'ici le segment de pied comprenne un capteur potentiométrique rotatif positionné sur la cheville, l'invention s'applique également à d'autres types de capteur d'intention de marche comme par exemple un capteur de pression, un capteur de force ou un capteur rotoïde lié à une articulation du segment de cheville, voire également des systèmes de mesure sans contact (ex. : capteur optique, magnétique, ...) ;
- [0042] - bien qu'ici la lame ressort soit positionnée à l'arrière de la jambe de l'utilisateur, l'invention s'applique également à d'autres implantations de la lame ressort comme par exemple une lame ressort positionnée à l'avant de la jambe de l'utilisateur (courbure vers l'avant), ou sur le côté extérieur des jambes de l'utilisateur ;
- [0043] - bien qu'ici le bassin, les moteurs, les batteries et le contrôleur soient dans le dos de l'utilisateur, l'invention s'applique au cas où l'exosquelette serait porté à l'envers, c'est-à-dire avec le bassin devant l'utilisateur ;
- [0044] - bien qu'ici le segment de pied soit confondu avec la semelle de la chaussure de l'utilisateur, l'invention s'applique également à d'autres configurations du segment de pied du robot comme par exemple une plateforme rapporté par sanglage, collage, vissage sur le pied (ou la chaussure) de l'utilisateur ;
- [0045] - bien qu'ici le premier mouvement soit un mouvement de translation, l'invention s'applique également à d'autres types de premiers mouvements comme par exemple un mouvement de rotation de la première articulation relativement au segment de bassin ;

- [0046] - bien qu'ici le premier actionneur soit un actionneur piézoélectrique linéaire, l'invention s'applique également à d'autres types de premier actionneur comme par exemple un actionneur, comme par exemple un actionneur inductif, rotatif, pneumatique ou hydraulique ;
- [0047] - bien qu'ici le premier actionneur soit un actionneur piézoélectrique linéaire, l'invention s'applique également à d'autres types de premier actionneur comme par exemple un actionneur, comme par exemple un actionneur inductif, rotatif, pneumatique ou hydraulique ;
- [0048] - bien qu'ici le membre inférieur comprenne un motoréducteur qui actionne un galet, l'invention s'applique à d'autres types de dispositifs motorisés pour ajuster une position de la première articulation relativement au segment de bassin, comme par exemple un pignon coopérant avec une piste à crémaillère situé sur le rail ou un vérin relié au coulisseau ;
- [0049] - bien qu'ici le dispositif de débrayage comprenne un coulisseau ou une came, l'invention s'applique également à d'autres types de dispositifs de débrayage pouvant faire appel à des dispositifs de freinage par obstacle ou friction ;
- [0050] La lame ressort peut être articulée sur le segment de pied et/ou le segment de bassin en des points identiques ou différents des points d'articulation du segment de jambe sur le segment de pied et/ou de hanche.
- [0051] Avantageusement, le câble 40 peut être doublé par un deuxième câble actif ou non (c'est-à-dire reprenant ou non une partie de la tension du câble 40) qui contribue à la sûreté de fonctionnement et prévient des conséquences d'une rupture accidentelle du câble.
- [0052] Toutes les articulations des segments de l'exosquelette n'ont pas été décrites et peuvent être adaptées à l'utilisation spécifique de l'exosquelette. Par exemple, les flexions de hanche pourront être, soit actionnées, soit laissées libres, ou encore couplées, selon les cas.
- [0053] De même, les articulations d'abduction de hanche pourront être, selon les cas, actionnées, laissées libres, ou contraintes (butée bilatérale ou unilatérale, avec ou sans ressort). Il en est de même pour les articulations des chevilles.

Revendications

- [Revendication 1] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur comprenant au moins un segment de bassin (10) et un segment de pied (30) relié par un segment de jambe (20, 29) articulé en sa première extrémité (21) par une première articulation (25) sur le segment de bassin (10) et en sa deuxième extrémité (24) par une deuxième articulation (26) sur le segment de pied (30), , dans lequel le membre inférieur (1) comprend un dispositif de débrayage (80) pour sélectivement autoriser un premier mouvement de la première articulation (25) relativement au segment de bassin (10).
- [Revendication 2] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur selon la revendication 1, dans lequel le segment de jambe (20, 29) comprend un élément ressort (27) s'étendant entre le segment de bassin (10) et le segment de pied (30) pour exercer un effort qui s'oppose à un rapprochement des extrémités (21, 24) du segment de jambe (20).
- [Revendication 3] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le premier mouvement est un mouvement de translation selon une première direction (D1).
- [Revendication 4] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur selon la revendication 3, dans lequel la première articulation (25) est solidaire d'un premier coulisseau de guidage (15) monté à coulissement sur un rail (60) solidaire du segment de bassin (10) et qui s'étend sensiblement parallèlement à la première direction (D1).
- [Revendication 5] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur selon la revendication 4, dans lequel le dispositif de débrayage (80) comprend un deuxième coulisseau de blocage (81) qui coopère avec le rail (60), le deuxième coulisseau de blocage (81) étant relié au premier coulisseau de guidage (15), le dispositif de débrayage (80) comprenant un premier actionneur (83) pour sélectivement faire passer le deuxième coulisseau (81) entre un état de blocage dans lequel le deuxième coulisseau (81) vient en arc-boutement sur le rail de guidage (60) et un état de libération dans lequel le deuxième coulisseau (81) autorise le coulissement du premier coulisseau (15) sur le rail de guidage (60).
- [Revendication 6] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur selon la revendication 4, dans lequel le dispositif de débrayage (80) comprend un levier (85) et un deuxième actionneur (86) pour sélectivement faire passer le levier (85) entre un état de blocage dans lequel le levier (85) vient en arc-

boutement sur un élément (62) solidaire du segment de bassin (10), préférentiellement le rail de guidage (60), et un état de libération dans lequel le levier (85) autorise le coulisement du premier coulisseau (15) sur le rail de guidage (60).

[Revendication 7] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur selon la revendication 4, dans lequel le dispositif de débrayage (80) comprend une came excentrique (90) et un troisième actionneur (91) pour sélectivement faire passer la came (90) entre un état de blocage dans lequel la came (90) vient en arc-boutement sur un élément solidaire du segment de bassin (10), préférentiellement le rail de guidage (60), et un état de libération dans lequel la came excentrique (90) autorise le coulisement du premier coulisseau (15) sur le rail de guidage (60).

[Revendication 8] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur selon la revendication 7, comprenant un rail de guidage supplémentaire (65) s'étendant sensiblement parallèlement à la première direction (D1) et un coulisseau de guidage supplémentaire (16) de la première articulation (25), et dans lequel le dispositif de débrayage (80) comprend une deuxième came excentrique (92) montée à rotation relativement à la première came excentrique (90) et le troisième actionneur (91) est également relié à la deuxième came excentrique (92) pour sélectivement faire passer la deuxième came excentrique (92) entre un état de blocage dans lequel la deuxième came excentrique (92) vient en arc-boutement sur le rail de guidage supplémentaire (65) et un état de libération dans lequel la deuxième came excentrique (92) autorise le coulisement du coulisseau supplémentaire (16) sur le rail de guidage (60).

[Revendication 9] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur selon la revendication 3, dans lequel le dispositif de débrayage comprend une vis (55) s'étendant sensiblement parallèlement à la première direction (D1) et un écrou (56) coopérant avec la vis (55), la première articulation (25) étant reliée à l'écrou (56).

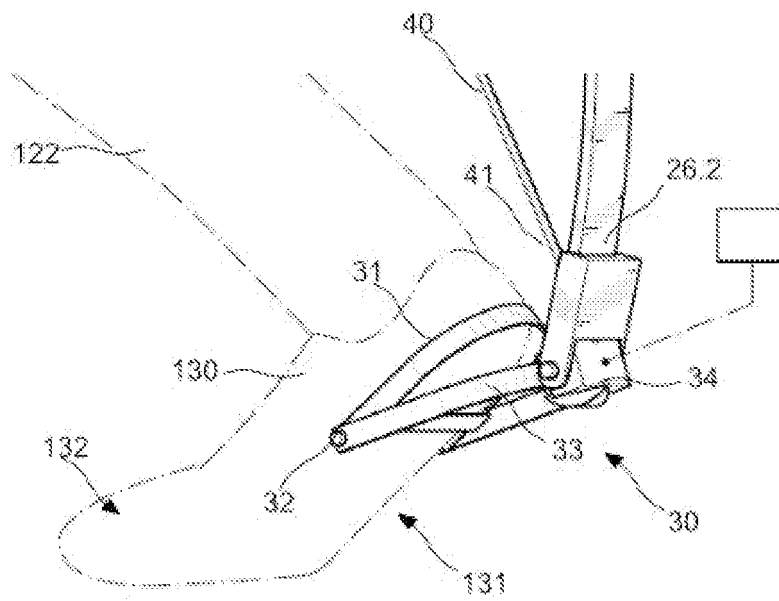
[Revendication 10] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur selon la revendication 9, dans lequel la vis (55) et l'écrou (56) étant agencés pour être former un système réversible, le dispositif de débrayage (80) comprend un dispositif de freinage (58) sélectif de la vis (55).

[Revendication 11] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur selon la revendication 10, dans lequel le dispositif de freinage (58) est un dispositif de freinage à manque de courant.

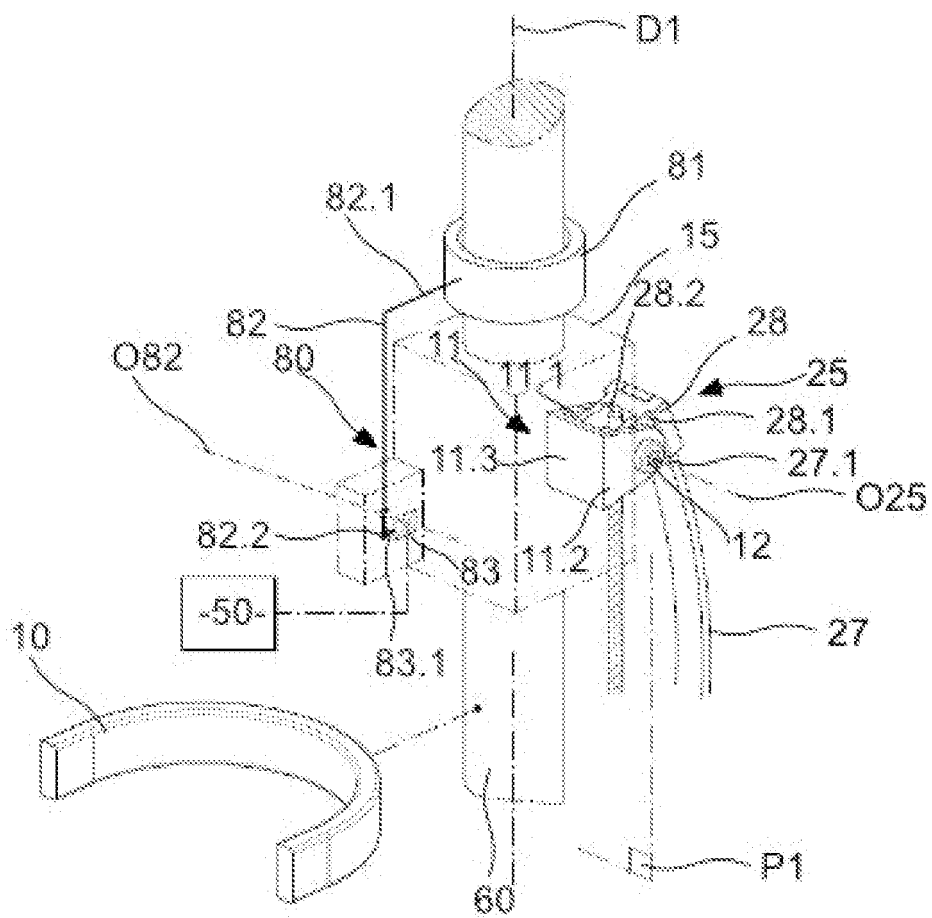
[Revendication 12] Membre inférieur (1) d'exosquelette ambulateur selon l'une quelconque

des revendications 3 à 11, comprenant un dispositif motorisé (89) pour ajuster une position de la première articulation (25) relativement au segment de bassin (10).

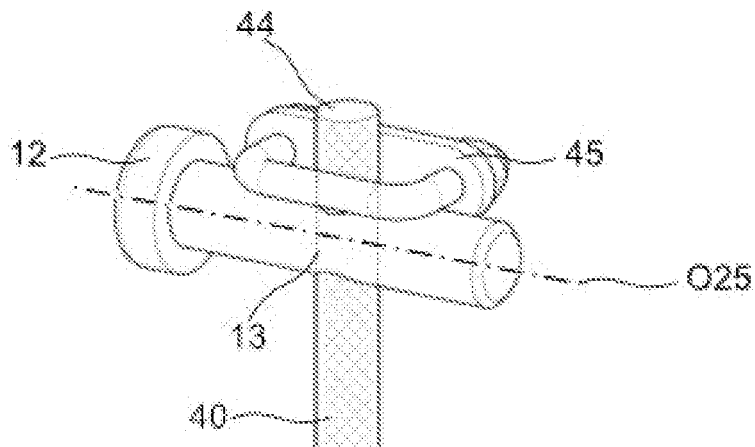
[Fig. 2]



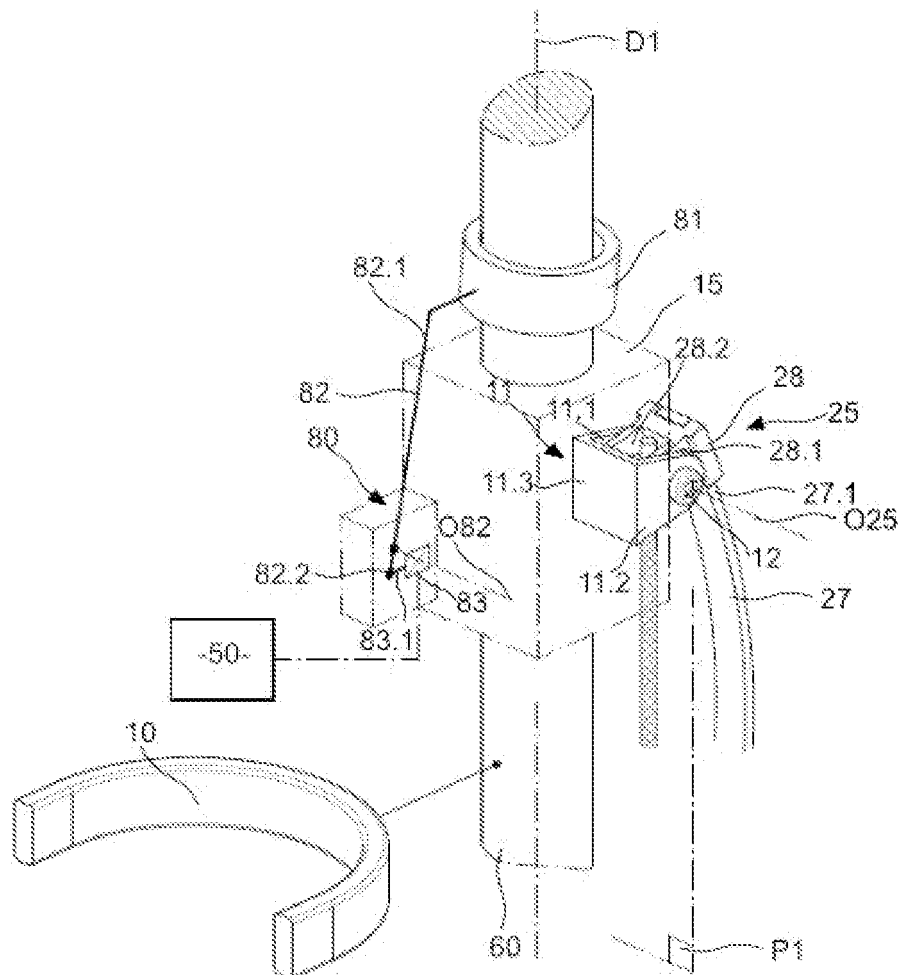
[Fig. 3]



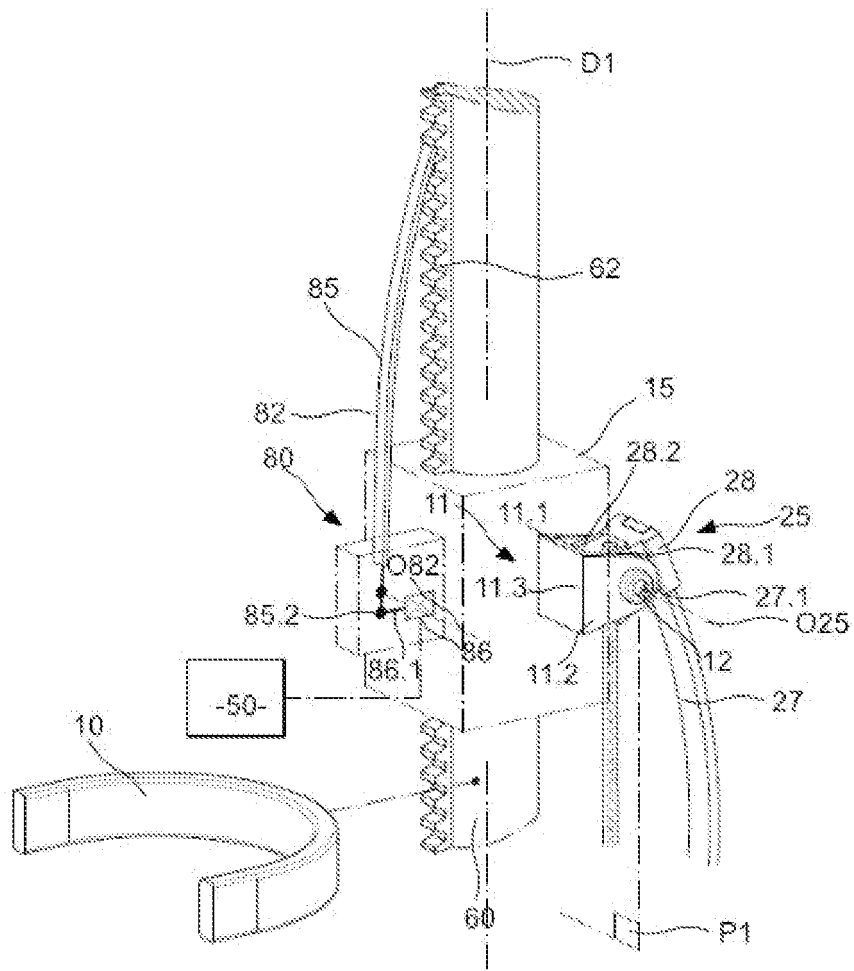
[Fig. 4]



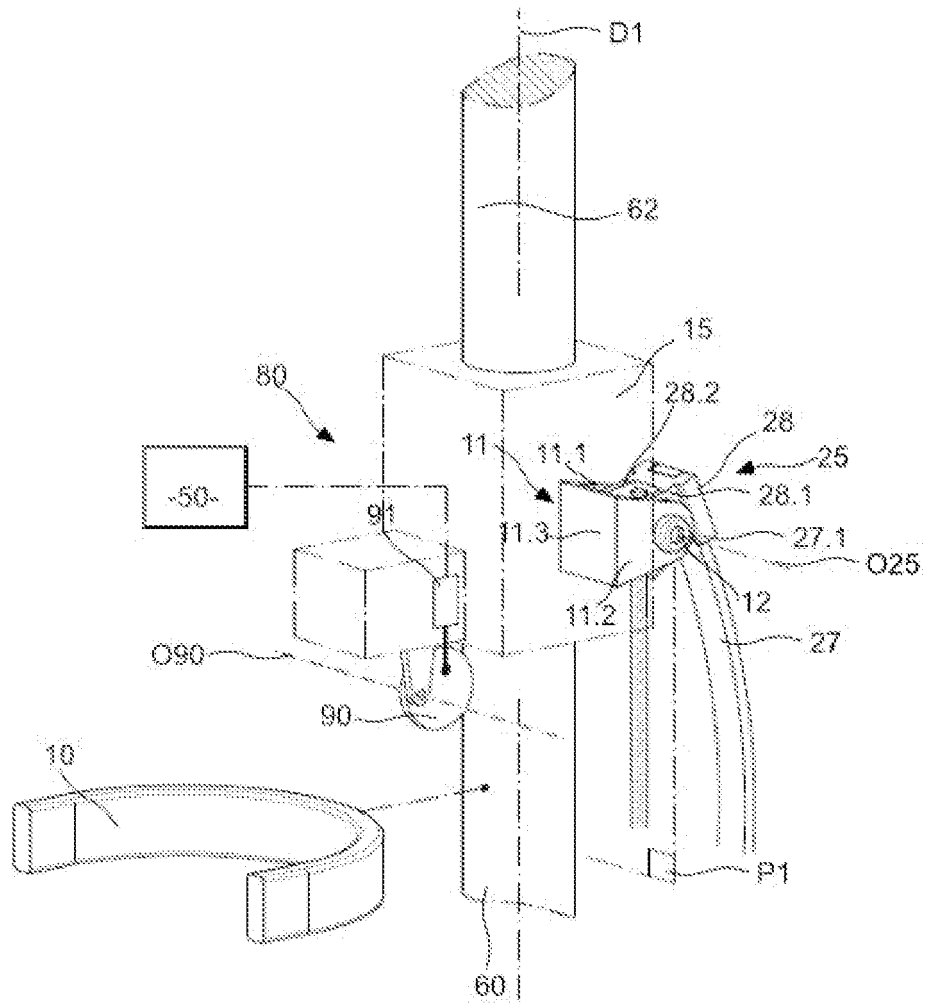
[Fig. 5]



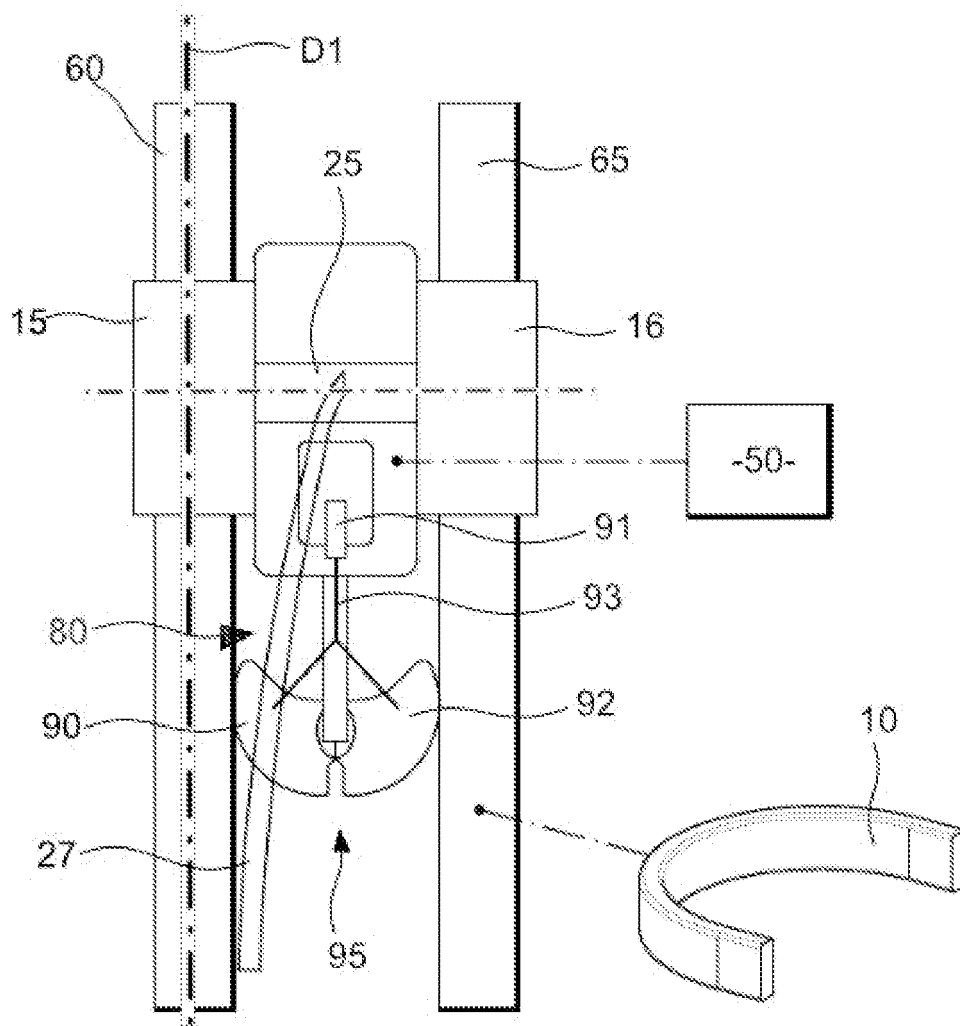
[Fig. 6]



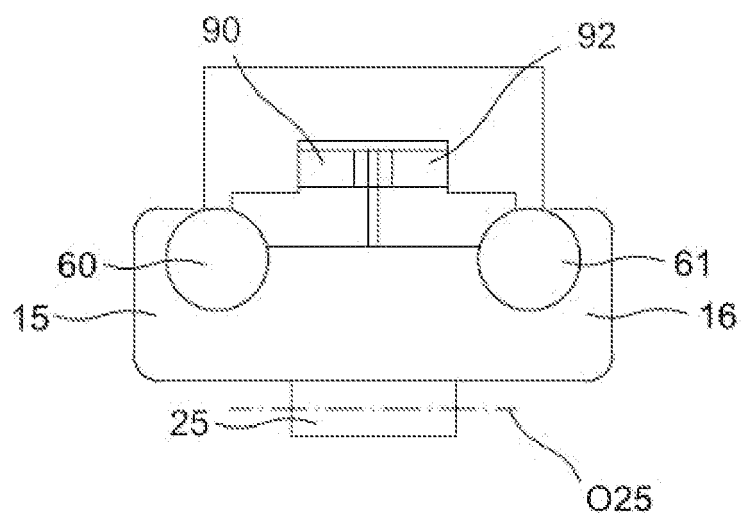
[Fig. 7]



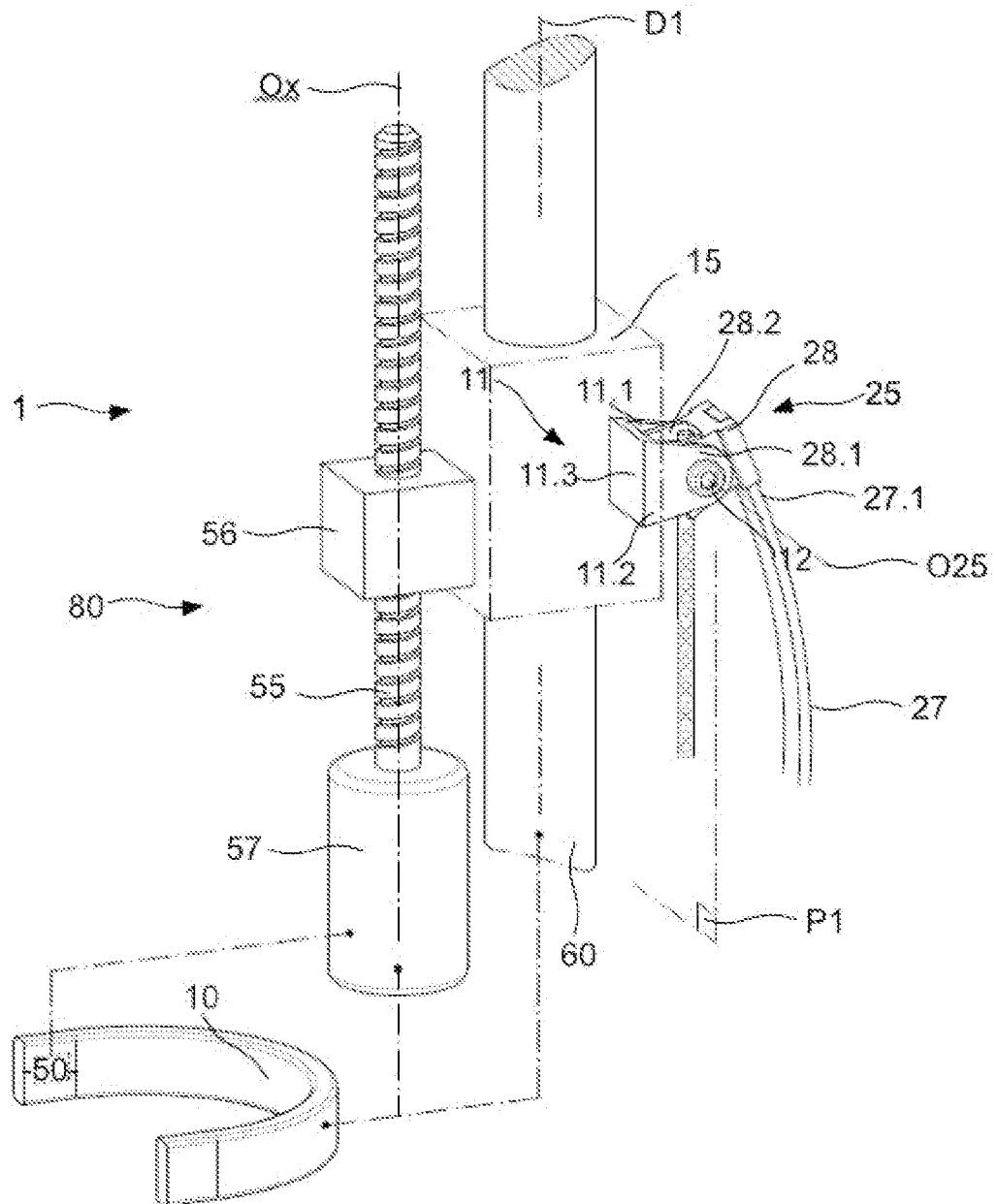
[Fig. 8]



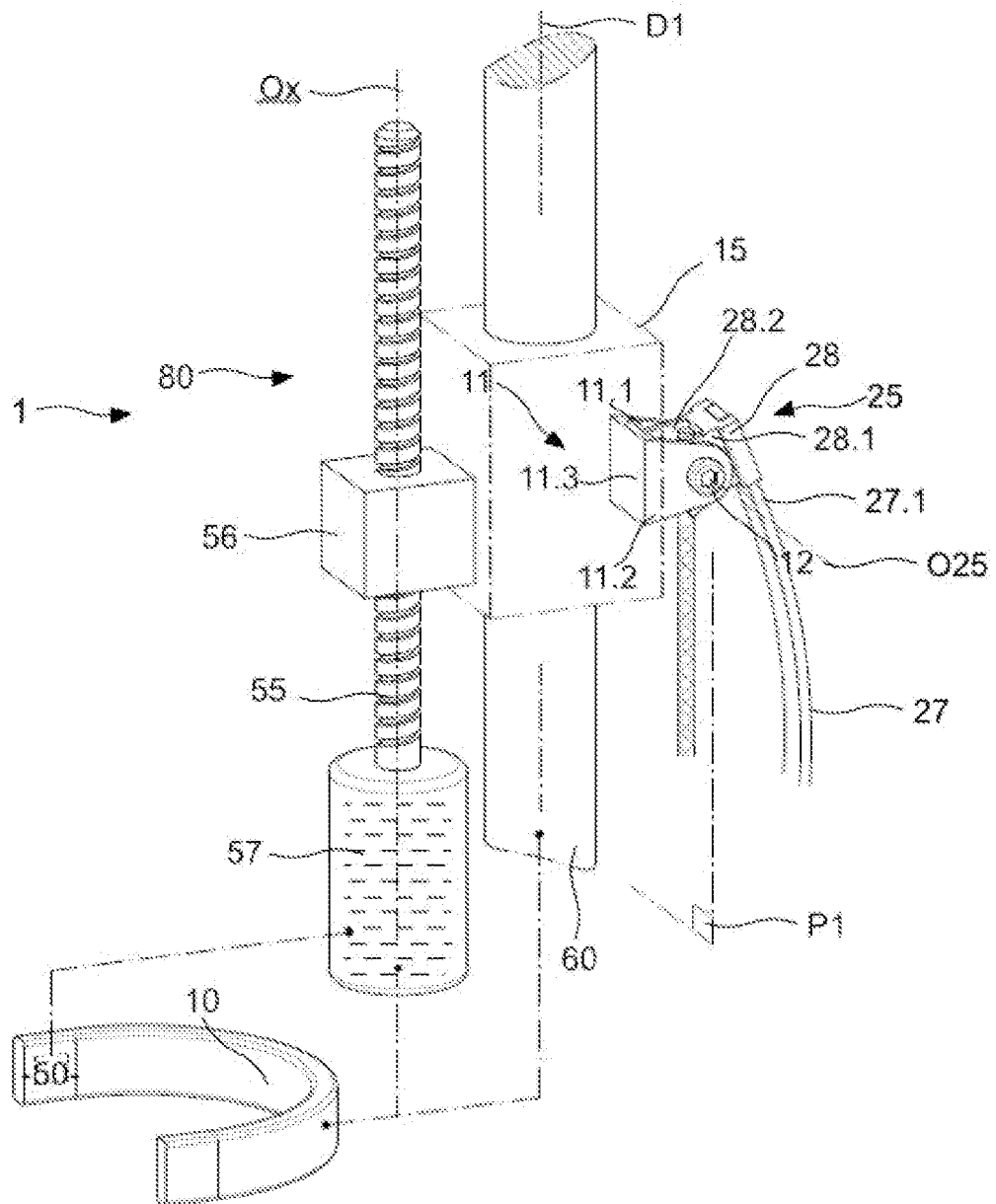
[Fig. 9]



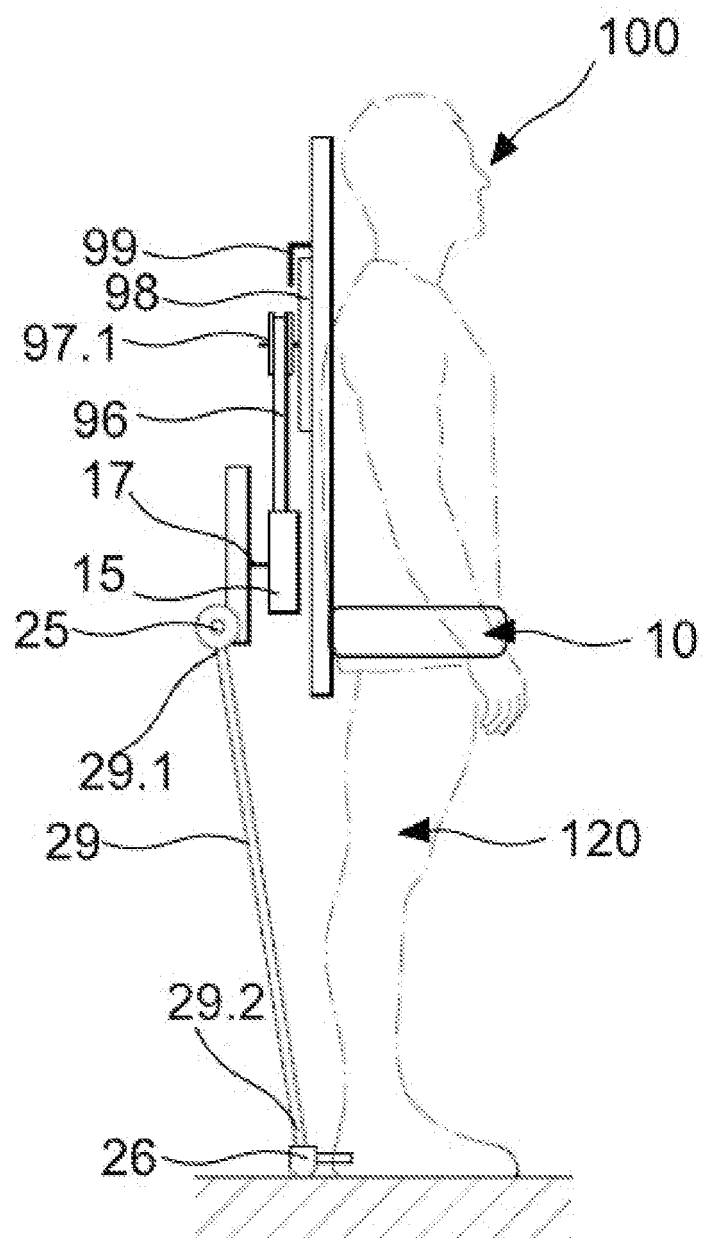
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 14]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 915208
FR 2213918

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2020/239748 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 3 décembre 2020 (2020-12-03)	1	B25J11/00 B25J17/02
Y	* page 5, ligne 24 – page 9, ligne 27 *	2	
A	* figures 1-3 * -----	3-12	
Y	WO 2019/057797 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 28 mars 2019 (2019-03-28) * page 5, ligne 13 – page 6, ligne 26 * * figure 1 * -----	2	
X	WO 2019/105756 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 6 juin 2019 (2019-06-06) * page 7, ligne 8 – page 11, ligne 3 * * figures 1-4 * -----	1	
X	WO 2019/060791 A1 (UNIV NORTH CAROLINA STATE [US]) 28 mars 2019 (2019-03-28) * alinéas [0056] – [0060] * * figures 1,2,6 * -----	1	
A	WO 2020/157239 A1 (ERGOSANTE TECH [FR]) 6 août 2020 (2020-08-06) * alinéas [0042], [0043], [0080] – [0083] * * figures 1-8 * -----	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B25J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 juillet 2023		Grenier, Alain	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2213918 FA 915208**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **05-07-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 2020239748 A1		03-12-2020	FR	3096600 A1		04-12-2020
			JP	2022534098 A		27-07-2022
			US	2022193886 A1		23-06-2022
			WO	2020239748 A1		03-12-2020

WO 2019057797 A1		28-03-2019	EP	3687471 A1		05-08-2020
			FR	3071401 A1		29-03-2019
			JP	6845378 B2		17-03-2021
			JP	2020534915 A		03-12-2020
			US	2020281799 A1		10-09-2020
			WO	2019057797 A1		28-03-2019

WO 2019105756 A1		06-06-2019	FR	3074078 A1		31-05-2019
			WO	2019105756 A1		06-06-2019

WO 2019060791 A1		28-03-2019	US	2021369533 A1		02-12-2021
			WO	2019060791 A1		28-03-2019

WO 2020157239 A1		06-08-2020	FR	3092029 A1		31-07-2020
			WO	2020157239 A1		06-08-2020
